



DEUTSCHES
PATENTAMT

22 **Offenlegungsschrift**
21 **DE 3508469 A1**

21 Aktenzeichen: P 35 08 469.3
22 Anmeldetag: 9. 3. 85
43 Offenlegungstag: 11. 9. 86

51 Int. Cl. 4:
B05D 3/06
C 03 C 17/34
C 23 C 28/00
H 01 L 21/26B
H 01 L 31/18
B 23 K 26/00

DE 3508469 A1

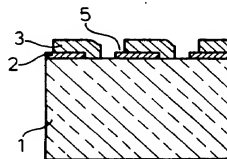
71 Anmelder:
Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012
Ottobrunn, DE

72 Erfinder:
Mück, Günther, Dr., 8150 Holzkirchen, DE;
Winterling, Gerhard, Prof. Dipl.-Phys. Dr., 7031
Magstadt, DE; Thalheimer, Klaus, Dipl.-Ing., 8000
München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum Strukturieren von auf einem transparenten Substrat aufgetragenen Schichtfolgen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Strukturieren von auf einem transparenten Substrat aufgetragenen Schichtfolgen, beispielsweise für Solarzellen. Dabei wird auf dem Substrat 1 zunächst eine erste geschlossene Schicht 2 aus einem transparenten, elektrisch leitenden Oxid aufgebracht sowie anschließend durch Bestrahlen mit Laserlicht in vorbestimmten Bereichen wieder entfernt. Auf der so strukturierten Oxidschicht wird dann eine zweite geschlossene Schicht 3 aus einem amorphen halbleitenden Material, beispielsweise Silizium, aufgebracht und ebenfalls in vorbestimmten Bereichen durch Bestrahlen mit Laserlicht entfernt. Um die gewünschte Schichtstruktur möglichst sauber sowie ohne Beeinträchtigung der angestrebten elektrooptischen Eigenschaften herstellen zu können, ist nun vorgesehen, daß mit dem Laserlicht von der Seite des transparenten Substrats 1 her bestrahlt wird sowie zur Bestrahlung der Oxidschicht 2 Laserlicht einer Wellenlänge aus dem Absorptionsbereich der Oxidschicht und zur Bestrahlung der amorphen Halbleiterschicht 3 Laserlicht einer Wellenlänge aus dem Absorptionsbereich der amorphen Halbleiterschicht gewählt wird.



YAG ↑ 0,53 µm

DE 3508469 A1

1

Verfahren zum Strukturieren von auf einem transparenten Substrat aufgetragenen Schichtfolgen

5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Strukturieren von auf einem transparenten Substrat aufgetragenen Schichtfolgen, wobei auf dem Substrat eine erste geschlossene Schicht aus einem transparenten, elektrisch leitenden Oxid (TCO) aufgetragene, diese durch Bestrahlen mit Laserlicht in vorbestimmten Bereichen wieder entfernt, auf der so strukturierten Oxidschicht eine zweite geschlossene Schicht aus einem amorphen halbleitenden Material aufgetragene und diese ebenfalls in vorbestimmten Bereichen durch Bestrahlen mit Laserlicht entfernt wird, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Laserlicht von der Seite des transparenten Substrats (1) her bestrahlt, zur Bestrahlung der Oxidschicht (2) Laserlicht einer Wellenlänge aus dem Absorptionsbereich der Oxidschicht und zur Bestrahlung der amorphen Halbleiterschicht (3) Laserlicht einer Wellenlänge aus dem Absorptionsbereich der amorphen Halbleiterschicht gewählt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 unter Verwendung von Silizium für die amorphe Halbleiterschicht, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestrahlung der Oxidschicht (2) Laserlicht aus dem Infrarotbereich und zur Bestrahlung der amorphen Siliziumschicht (3) Laserlicht aus dem sichtbaren Bereich unterhalb von ca. 6000 Å verwendet wird.

...

35

- 1 3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei ein YAG-Laser
verwendet wird, dadurch g e k e n n z e i c h n e t ,
daß zum Bestrahlen der Oxidschicht (2) die Grundwelle
des YAG-Lasers ($\lambda_{\text{TCO}} = 1,06 \mu\text{m}$) und zur Bestrahlung der
5 amorphen Siliziumschicht die 1. Harmonische der Grund-
welle des YAG-Lasers ($\lambda_{\text{a-Si}} = 0,53 \mu\text{m}$) verwendet wird.

10

15

20

25

30

35

- 1 Verfahren zum Strukturieren von auf einem transparenten Substrat aufgetragenen Schichtfolgen
- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Strukturieren von auf einem transparenten Substrat aufgetragenen Schichtfolgen, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.
- 10 Ein derartiges Verfahren ist aus S. Nakano et al. "New Manufacturing Processes for a-Si Solar Cell Modules", 5th E.C. Photovoltaic Solar Energy Conference, Kavouri (Athen), Oktober 1983, Seiten 712 - 716, bekannt. Dort wird zur Herstellung einer Solarzelle auf einem Glas-
- 15 substrat zunächst eine geschlossene Schicht aus einem transparenten, elektrisch leitenden Oxid (TCO) niedergeschlagen, welche als Frontseitenelektrode dienen soll. Anschließend wird diese Schicht dadurch strukturiert, daß in regelmäßigen Abständen parallele Bahnen durch
- 20 Bestrahlung mit Laserlicht wieder entfernt werden. Auf die so strukturierte Oxidschicht wird eine geschlossene Siliziumschicht aufgebracht, die dann anschließend ebenfalls mit Laserlicht so bestrahlt wird, daß streifenförmige Bereiche der amorphen Siliziumschicht
- 25 entfernt werden. In beiden Fällen wird das Laserlicht von der dem Glassubstrat abgewandten Seite her eingestrahlt. Als Laser wird, jedenfalls zur Bestrahlung der amorphen Siliziumschicht, ein YAG-Laser der Wellenlänge $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ verwendet. Dabei muß die Leistung des Laser-
- 30 strahles genau auf die Dicke der amorphen Siliziumschicht abgestellt sein. Nach der geschilderten Bestrahlung der amorphen Siliziumschicht liegt eine Struktur vor, bei der auf dem Glassubstrat mit Abstand zueinander parallele Oxidstreifen angeordnet sind, auf
- 35 denen wiederum parallele Schichtstreifen aus amorphem

- 1 Silizium liegen, die quer zur Streifenrichtung so weit verschoben sind, daß das Glas in den Lücken zwischen den Oxidstreifen teilweise und ebenso die Oxidstreifen selbst teilweise freiliegen. Anschließend wird auf
5 diese Struktur noch eine Metallschicht aufgebracht, die dann ebenfalls durch Laserbestrahlung strukturiert wird, um als Rückseitenelektrode dienen zu können.

- Bei der Bestrahlung der Oxid- sowie der amorphen Siliziumschicht mit Laserlicht von der dem Glassubstrat abgewandten Seite her ergibt sich nun der Nachteil, daß
10 das durch die Bestrahlung verdampfende Oxid bzw. Silizium gerade in eine Richtung entweichen will, die der Einstrahlungsrichtung des intensiven Laserlichtes entgegengerichtet ist. Dies führt dazu, daß Teile des verdampfenden Materials sich in der näheren Umgebung ganz unkontrolliert wieder niederschlagen können, wodurch die elektrischen Eigenschaften der so hergestellten Solarzelle beeinträchtigt werden können. So kann
15 in den Randbereichen der amorphen Siliziumschicht, die im allgemeinen eine pin-Struktur aufweisen wird, das gewünschte Dotierungsprofil verwischt werden. Auch können unerwünschte Kurzschlüsse in den fertigen Solarzellen die Folge eines derartigen Herstellungsverfahrens
20 sein.
25

- Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit dem die gewünschte Schichtstruktur möglichst sauber
30 und möglichst ohne Beeinträchtigung der angestrebten elektrooptischen Eigenschaften hergestellt werden kann.

- Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß mit dem Laserlicht von der Seite des transparenten
35 Substrats her bestrahlt, zur Bestrahlung der Oxid-

- 1 schicht Laserlicht einer Wellenlänge aus dem Absorp-
tionsbereich der Oxidschicht und zur Bestrahlung der
amorphen Halbleiterschicht Laserlicht einer Wellenlänge
aus dem Absorptionsbereich der amorphen Halbleiter-
5 schicht gewählt wird.

- Der oben im Zusammenhang mit dem Stand der Technik ge-
schilderte Nachteil wird demnach dadurch vermieden, daß
das Laserlicht durch das transparente Substrat, welches
10 Glas oder auch eine transparente Kunststoffschicht sein
kann, hindurch eingestrahlt wird. Die Wellenlängen sind
so zu wählen, daß in dem zu entfernenden Material je-
weils möglichst optimal absorbiert wird, während bei
der Entfernung der amorphen Halbleiterbereiche die
15 eventuell darunterliegende Oxidschicht für die gewählte
Wellenlänge transparent sein muß. Die gebräuchlichen
Oxidschichten (TCO), wie beispielsweise Indiumoxid,
Zinnoxid oder Mischungen hieraus (ITO) oder auch Zernet-
schichten, absorbieren vorwiegend im infraroten Spek-
20 tralbereich, wo amorphes Silizium transparent ist,
dessen Absorptionsbereich im sichtbaren, bei Wellen-
längen unterhalb von ca. 6000 Å liegt. Somit ist für
die Bestrahlung einer Oxidschicht ein Infrarot-Laser
und für die Bestrahlung einer amorphen Siliziumschicht
25 ein Laser zu wählen, dessen Grundwelle in dem ange-
gebenen sichtbaren Wellenlängenbereich liegt.

- Durch die Bestrahlung von der Seite des transparenten
Substrats her wird erreicht, daß das Material in den
30 bestrahlten Bereichen sehr sauber entfernt wird. Bei
intensiver Einstrahlung können die zuerst getroffenen
und erhitzten Schichtbereiche sogar verdampfen und das
darüberliegende Material regelrecht abspringen, und
dies auf eine geometrisch sehr saubere Weise. Bei
35 Bestrahlung der amorphen Siliziumschicht kann

- 1 insbesondere etwa eingebauter Wasserstoff schnell in die Dampfphase übergehen, wodurch das Abtrennen des zu entfernenden Materials beschleunigt wird.
- 5 Die Wahl der besonderen Wellenlängenbereiche hängt natürlich unmittelbar damit zusammen, daß die Einstrahlung nunmehr von der Seite des transparenten Substrats her vorgenommen wird. Beim Bestrahlen der auf die strukturierte Oxidschicht aufgetragenen amorphen
- 10 Halbleiterschicht, bei der es sich auch um eine im wesentlichen Germanium enthaltende Schicht handeln kann, muß nämlich teilweise durch noch stehengebliebene Oxidbereiche hindurchgestrahlt werden, ohne daß diese hierdurch beschädigt werden dürfen. Deswegen muß nun
- 15 ein Wellenlängenbereich ausgewählt werden, für den die Oxidschicht transparent ist.

- Als besonders vorteilhaft erweist es sich, einen YAG-Laser zu verwenden, wie auch schon bei dem bekannten
- 20 Verfahren. Während jedoch dort die Grundwelle mit einer Wellenlänge von $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ zur Bestrahlung der amorphen Siliziumschicht verwendet wird und offen bleibt, mit welcher Art Laserlicht die Oxidschicht strukturiert wird, soll nunmehr für die Strukturierung
- 25 beider Schichten derselbe YAG-Laser verwendet werden, wobei die Oxidschicht nun aber mit der Grundwelle ($\lambda_{\text{Tco}} = 1,06 \mu\text{m}$) und die amorphe Siliziumschicht mit deren 1. Harmonischer ($\lambda_{\text{a-Si}} = 0,53 \mu\text{m}$) zu bestrahlen ist. Die 1. Harmonische wird hierbei durch Zwischenschaltung eines gebräuchlichen Frequenzverdoppler-
- 30 kristalls gewonnen. Es braucht für beide Bestrahlungsvorgänge demnach nur ein einziger Laser verwendet zu werden, bzw. zwei Laser derselben Sorte oder ein Laser mit Strahlteiler.

1 Im folgenden wird die Erfindung anhand der Abbildungen
näher erläutert. Es zeigen in schematischer Weise:

- 5 Fig.1 im Querschnitt ein Glassubstrat mit einer
TCO-Schicht,
- Fig.2 im Querschnitt die Struktur der Fig.1 nach
der ersten Laserbestrahlung,
- 10 Fig.3 die Struktur der Fig.2 nach Aufbringen
einer amorphen Siliziumschicht,
- Fig.4 die Struktur der Fig.3 nach der zweiten
Laserbestrahlung,
- 15 Fig.5 die Struktur der Fig.4 nach Aufbringen
einer metallischen Elektrodenschicht,
- Fig.6 die Struktur der Fig.5 nach Strukturierung
der Metallschicht.
- 20

Fig.1 zeigt ein sowohl für sichtbares als auch infra-
rotes Licht transparentes Glassubstrat 1 mit einer
darauf aufgetragenen transparenten Oxidschicht 2 (TCO),
25 beispielsweise aus Indium-Zinn-Oxid (ITO) bestehend.
Nach Bestrahlung mit einem intensiven Infrarot-Laser-
strahl sind streifenförmige Bereiche 4 aus der das
infrarote Licht absorbierenden, jedoch für sichtbares
Licht transparenten Oxidschicht 2 entfernt, siehe Fig.2.
30 Nach anschließendem Aufbringen einer amorphen Silizium-
schicht, beispielsweise durch Abscheiden aus einer
Silanatmosphäre mittels Glühmentladung, entsteht die in
Fig.3 wiedergegebene Struktur, bei der über der struk-
turierten Oxidschicht 2 eine geschlossene amorphe
35 Siliziumschicht 3 liegt. Durch nochmaliges Bestrahlen

1 ebenfalls durch das Glassubstrat 1 hindurch, mit einem
intensiven Laserstrahl einer unterhalb von 6000 Å lie-
genden Wellenlänge ist die in Fig.4 gezeigte Struktur
erzeugbar, bei der nunmehr die amorphe Siliziumschicht 3
5 in streifenförmigen, sich senkrecht zur Zeichenebene
erstreckenden Bereichen entfernt ist. Hierbei wurde in
Bereichen 5 durch das für sichtbares Licht transparente
Oxid hindurchgestrahlt, dort das amorphe Silizium ent-
fernt, ohne die durchstrahlte Oxidschicht zu beschädi-
10 gen.

Selbstverständlich kann die gemäß Fig.3 aufgebraachte
amorphe Siliziumschicht das gewünschte Dotierungsprofil,
beispielsweise im Sinne einer pin- oder einer nip-
15 Struktur, aufweisen.

Im Anschluß an die Strukturierung der amorphen Silizium-
schicht gemäß Fig.4 kann auf übliche Weise eine später
als rückwärtige Elektrodenschicht dienende Metallschicht
20 6 aufgebracht werden, siehe Fig.5, welche dann beispiels-
weise ebenfalls durch Laserbestrahlung so strukturiert
werden kann, daß die in Fig.6 wiedergegebene Reihen-
schaltung streifenförmiger Solarzellen entsteht.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren kann nicht nur zur Her-
stellung von Solarzellen verwendet werden, sondern bei-
spielsweise auch zur Herstellung von optischen Bild-
sensoren auf der Basis von amorphen Halbleitern, bei-
spielsweise Silizium.

30

35

Wachstein

- 9 -

Nummer:

35 08 469

Int. Cl. 4:

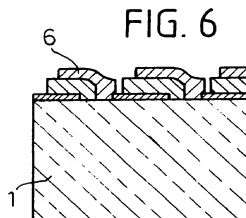
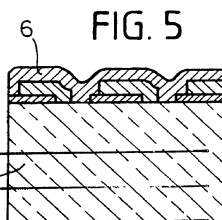
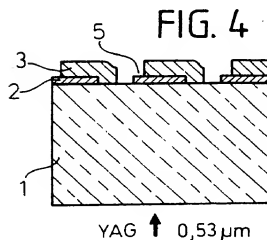
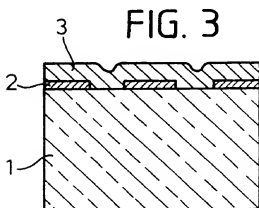
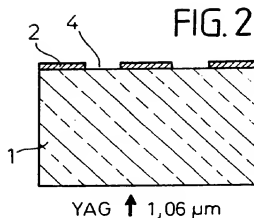
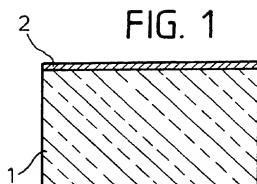
B 05 D 3/06

Anmeldetag:

9. März 1985

Offenlegungstag:

11. September 1986



OR96P8091
DOCKET NO: _____
Michael Kelly et al
SEL: _____
APPROPRIATE: _____

LEWIS AND GREENBERG, P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100